

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT Lò ĐIỆN TRỞ TRÊN CƠ SỞ HỆ MỜ VÀ PLC S7 300

Nguyễn Thanh Tùng, Hoàng Văn Thực*, Đào Thị Phượng, Phạm Xuân Kiên
Trường Đại học Công nghệ thông tin và truyền thông - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Trong nhiều lĩnh vực kinh tế, vấn đề đo và kiểm soát nhiệt độ là một quá trình không thể thiếu được, nhất là trong công nghiệp. Việc đo nhiệt độ trong công nghiệp luôn gắn liền với quy trình công nghệ sản xuất và nó quyết định rất nhiều đến chất lượng của sản phẩm. Tùy theo tính chất, yêu cầu của quá trình mà nó đòi hỏi các phương pháp điều khiển thích hợp.

Bài báo nghiên cứu và thiết kế hệ thống điều khiển giám sát lò điện trở trên cơ sở hệ mờ ứng dụng kỹ thuật mới được phát triển rất mạnh mẽ và đã đem lại nhiều thành tựu bất ngờ trong lĩnh vực điều khiển, đó là điều khiển mờ. Ưu điểm cơ bản của điều khiển mờ so với các phương pháp điều khiển kinh điển là có thể tổng hợp được bộ điều khiển mà không cần biết trước đặc tính của đối tượng một cách chính xác. Trong thực tế để phát huy hết ưu điểm của mỗi loại bộ điều khiển mờ và bộ điều khiển rõ (kinh điển), người ta thường dùng các hệ kết hợp giữa hai loại bộ điều khiển truyền thống và điều khiển mờ với nhau tạo ra bộ điều khiển mờ lai.

Từ khóa: Bộ điều khiển mờ lai, PID, Lò điện trở, Điều khiển lò điện trở trên hệ mờ, Bộ điều khiển kinh điển, Hệ thống điều khiển hồi tiếp, điều khiển tuần tự

Ngày nhận bài: 02/01/2019; Ngày hoàn thiện: 12/01/2019; Ngày duyệt đăng: 28/02/2019

DESIGN TESTING MEASUREMENT SYSTEMS AND SURVEILLANCE TESTS WITH TUBERCULOSIS SURGICAL INFLAMMATION

Tung Nguyen Thanh, Thuc Hoang Van*, Phuong Thi Dao, Kien Xuan Pham
University of Information And Communication Technology - TNU

ABSTRACT

In many areas of economics, temperature measurement and control is an indispensable process, especially in industry. Industrial temperature measurement is always associated with the production technology process and it determines a lot about the quality of the product. Depending on the nature and requirements of the process, it requires appropriate control methods.

The article researches and designs the control system to monitor the resistance furnace on the basis of fuzzy application of new techniques developed very strongly and has brought many unexpected achievements in the field of control, which is what blur control. The basic advantage of fuzzy control over classic control methods is that it is possible to synthesize the controller without knowing the characteristics of the object correctly. In fact, to bring into full play the advantages of each fuzzy controller and the clear controller (canonical), it is often used to combine the two types of traditional controllers and fuzzy controls together to create fuzzy hybrid controller.

Key words: Fuzzy hybrid controller, PID, Resistors, Control fuzzy resistor on the fuzzy system, Classic controller, Feedback control system, Sequential control

Received: 02/01/2019; Revised: 12/01/2019; Approved: 28/02/2019

* Corresponding author: Tel: 0356 216077; Email: hvthuc@ictu.edu.vn

GIỚI THIỆU

Bài báo sẽ giới thiệu về bộ điều khiển đối tượng nhiệt trên cơ sở hệ mờ và PCL S7 300. Để phát huy hết ưu điểm của mỗi loại bộ điều khiển mờ và bộ điều khiển kinh điển, thường dùng các hệ kết hợp giữa hai loại bộ điều khiển truyền thống và điều khiển mờ với nhau, do vậy ta có các hệ điều khiển mờ lai. [1]

Bộ điều khiển mà trong quá trình làm việc có khả năng tự chỉnh định thông số của nó cho phù hợp với sự thay đổi của đối tượng được gọi là bộ điều khiển thích nghi. Phần lớn các hệ thống điều khiển mờ lai là hệ thích nghi, nhưng không phải mọi hệ lai là hệ thích nghi.

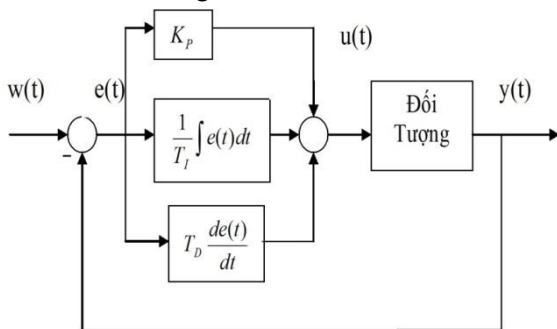
Ưu điểm cơ bản của điều khiển mờ trong đối tượng nhiệt so với các phương pháp điều khiển kinh điển là có thể tổng hợp được bộ điều khiển mà không cần biết trước đặc tính của đối tượng một cách chính xác. Trong thực tế để phát huy hết ưu điểm của mỗi loại bộ điều khiển mờ và bộ điều khiển rõ (kinh điển), người ta thường dùng các hệ kết hợp giữa hai loại bộ điều khiển truyền thống và điều khiển mờ với nhau tạo ra bộ điều khiển mờ lai.

CÁC PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO ĐỐI TƯỢNG NHIỆT [2]

Bộ điều khiển PID

Trong các hệ thống điều khiển tùy theo yêu cầu chất lượng của hệ và tính phức tạp khi thiết kế các thành phần mà người thiết kế có thể sử dụng khâu điều khiển P, PI hay PID. Trong các sự kết hợp đó thì khâu điều khiển PID là hoàn hảo nhất cho các hệ thống điều khiển.

Cấu trúc hệ thống điều khiển:



Bộ điều khiển PID có tín hiệu điều khiển liên tục trên miền thời gian như sau:

$$u(t) = K_p \cdot (e(t) + T_D \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_I} \int e(t) dt) \tag{1.1}$$

Hàm truyền trên miền Laplace:

$$G_{PID}(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s \tag{1.2}$$

Kết quả nhận dạng hệ thống ta có hàm truyền lò điện trở 2,5 KVA

$$G(s) = \frac{4,54}{1500s + 1} e^{-45s} \tag{1.3}$$

$$T = 1500; L = 45; K = 4,54 \tag{1.4}$$

Trong đó:

K: Hệ số khuếch đại của đối tượng lò nhiệt.

L: Hằng số thời gian trễ (thời gian không nhạy của lò nhiệt).

T: Hằng số thời gian quán tính nhiệt của lò.

Phương pháp Ziegler Nichols.[1]

Bảng thiết kế theo Ziegler Nichols 2

Luật điều khiển	K _p	T _i	T _D
Luật P	$\frac{T}{K.L}$	-	-
Luật PI	$0,9 \frac{T}{K.L}$	3,33.L	
Luật PID	$1,2 \frac{T}{K.L}$	2.L	0,5.L

Bộ điều khiển PID cho lò điện trở:

$$R(s) = K_p (1 + \frac{1}{T_I \cdot s} + T_D \cdot s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D \cdot s \tag{1.5}$$

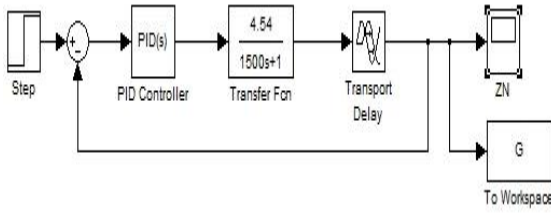
$$K_p = 1,2 \frac{T}{K.L} = 1,2 \cdot \frac{1500}{4,54 \cdot 45} = 8,81057 \tag{1.6}$$

$$T_D = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot 45 = 22,5 \tag{1.7}$$

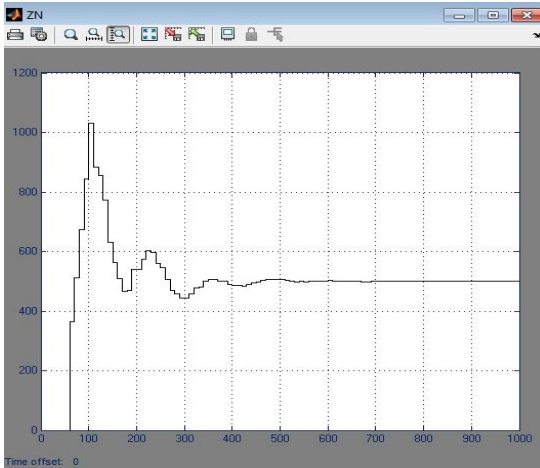
$$T_I = 2 \cdot L = 2 \cdot 45 = 90 \tag{1.8}$$

Hệ số tương ứng với hệ số khuếch đại tỷ lệ:

$$K_I = \frac{K_p}{T_I} = \frac{8,81057}{90} = 0,09789 \tag{1.9}$$



Hình 1. Sơ đồ simulink hệ thống khi sử dụng thuật toán PID của Ziegler-Nichols 1



Hình 2. Đáp ứng của hệ thống khi sử dụng thuật toán PID của Ziegler-Nichols 1

Nhận xét với nhiệt độ đặt 500°C:

- + Thời gian quá độ khoảng 550s.
- + Độ quá điều chỉnh rất lớn, khoảng 105,83%.
- + Sai lệch tĩnh khoảng 0,15%.

Phương pháp Halman.[2]

Với đối tượng điều khiển là khâu quán tính bậc nhất có trễ có dạng:

$$G(S) = \frac{K.e^{-Ls}}{1+T.s} \tag{1.10}$$

Thì theo Halman ta sử dụng bộ điều khiển PI có các thông số được tính như sau:

$$K_P = \frac{2.T}{3.K.L}; T_I = T \tag{1.11}$$

Áp dụng với đối tượng lò điện trở 2,5 KVA có hàm truyền:

$$G(s) = \frac{4,54}{1500s + 1} e^{-45.s} \tag{1.12}$$

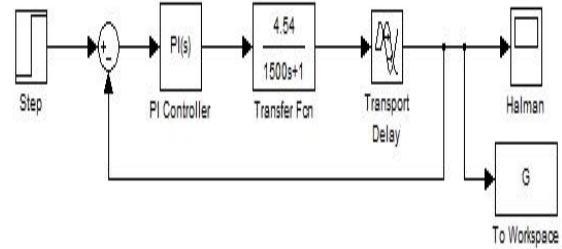
Ta có bộ điều khiển PI cho đối tượng có hàm truyền:

$$R(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{T_I.s}\right) = K_P + \frac{K_I}{s} \tag{1.13}$$

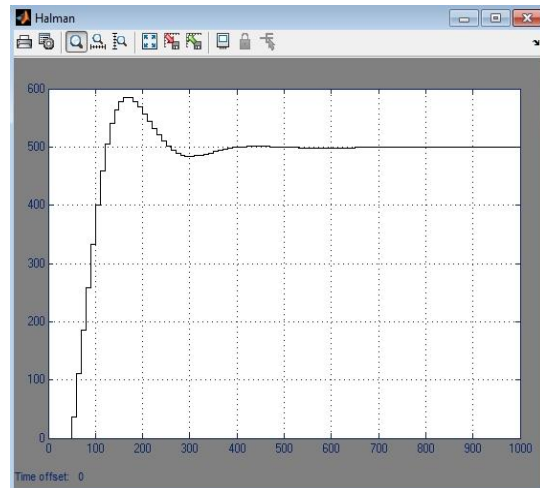
$$K_P = \frac{2.T}{3.K.L} = \frac{2.1500}{3.4,54.45} = 4,89476 \tag{1.14}$$

$$T_I = T = 150$$

$$K_I = \frac{K_P}{T_I} = \frac{4.54}{1500} = 0,00303 \tag{1.15}$$



Hình 3. Sơ đồ simulink hệ thống khi sử dụng thuật toán PI của Halman



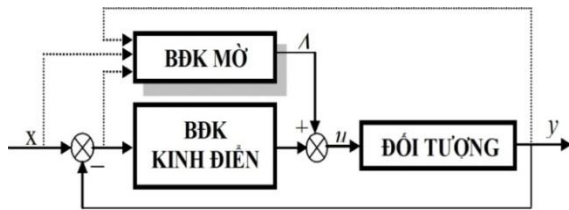
Hình 4. Đáp ứng của hệ thống khi sử dụng thuật toán PI của Halman

Nhận xét với nhiệt độ đặt 500°C:

- + Thời gian quá độ khoảng 400s.
- + Độ quá điều chỉnh lớn, khoảng 16,67%.
- + Sai lệch tĩnh khoảng 0,08%.

HỆ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI [2]

Nhiệm vụ điều khiển được giải quyết bằng bộ điều khiển kinh điển(ví dụ bộ điều khiển PID kinh điển) và các thông số của bộ điều khiển không được chỉnh định thích nghi. Hệ mờ được sử dụng để điều chế tín hiệu chủ đạo cho phù hợp với hệ thống điều khiển. Bộ điều khiển này là cơ sở cho việc tổng hợp hệ thích nghi.



Hình 5. Hệ mờ lai không thích nghi có bộ điều khiển kinh điển

Khác với phương pháp dùng công tắc chọn bộ điều khiển phù hợp trong hệ lai, các thông số của bộ điều khiển thích nghi được hiệu chỉnh tron. Một bộ điều khiển PID với đầu vào $e(t)$, đầu ra $u(t)$ có mô hình toán học như sau:

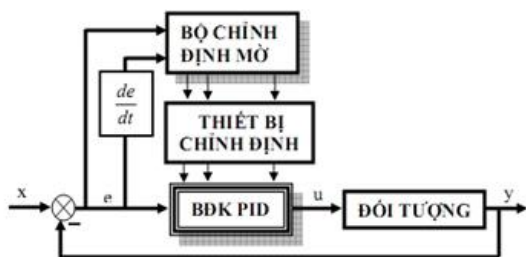
$$u(t) = K_p \cdot (e(t) + T_D \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_I} \int e(t) dt)$$

$$G_{PID}(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

(1.16)

Các tham số K_p , T_I , T_D hoặc K_p , K_I , K_D của bộ điều khiển PID được chỉnh định trên cơ sở phân tích tín hiệu chủ đạo và tín hiệu ra của hệ thống, chính xác hơn là sai lệch $e(t)$ và đạo hàm $e'(t)$ của sai lệch. Có nhiều phương pháp chỉnh định tham số cho bộ điều khiển PID như chỉnh định qua phiếm hàm mục tiêu, chỉnh định trực tiếp, phương án đơn giản nhưng dễ áp dụng hơn cả là phương pháp chỉnh định mờ của Zhao, Tomizuka và Isaka. Với giả thiết các tham số K_p , K_D bị chặn, tức là $K_p \in [K_{pmin}, K_{pmax}]$ và $K_D \in [K_{Dmin}, K_{Dmax}]$. Zhao, Tomizuka và Isaka đã chuẩn hóa các tham số đó để có $0 \leq k_p, k_D \leq 1$ như sau:

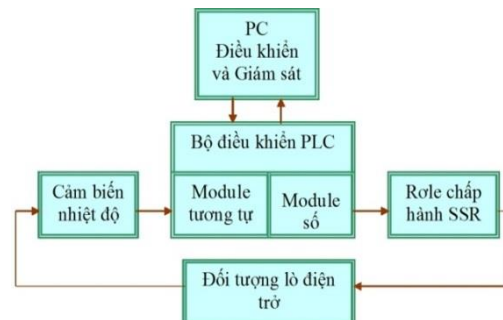
$$k_p = \frac{K_p - K_p^{min}}{K_p^{max} - K_p^{min}}, k_D = \frac{K_D - K_D^{min}}{K_D^{max} - K_D^{min}} \quad (1.17)$$



Hình 6. Luật chỉnh định các tham số bộ điều khiển PID

SƠ ĐỒ KHỐI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT LÒ ĐIỆN TRỞ TRÊN CỔ SỞ HỆ MỜ VÀ PLC S7 300. [5]

Hệ thống sử dụng PC điều khiển và giám sát là thiết bị Card CP5611 là card PCI cho PU/PC, được sử dụng để ghép nối PLC và PC qua MPI (Multipoint Interface) với Tốc độ truyền thông: từ 9.6kb/s đến 12Mb/s. Giao diện ghép nối: khe PCI, cổng ra COM 9 chân. Xử lý : 32bit. Tiêu thụ điện năng: 0.5A, 2W.

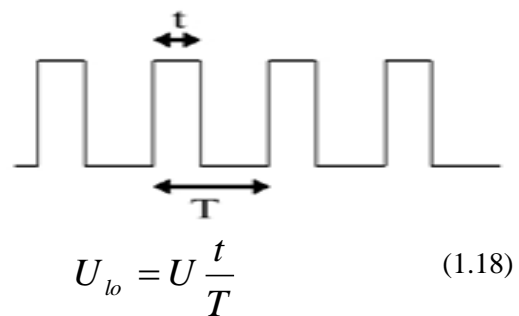


Hình 7. Sơ đồ khối hệ thống

Hệ thống sử dụng cặp nhiệt điện WRN130 (Thermocouple loại K). Có nhiệm vụ đo nhiệt độ của lò và chuyển thành tín hiệu điện áp mV để đưa vào cổng tương tự của PLC.

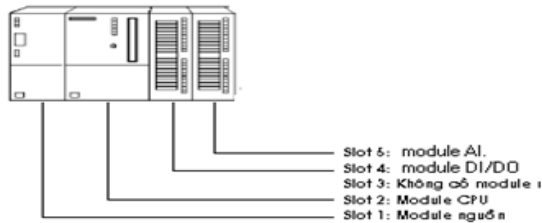
Bộ điều khiển PLC.[4]

PLC nhận tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ, chương trình điều khiển so sánh nhiệt độ hiện tại với giá trị đặt và đưa ra quyết định điều khiển (xem phần giải thuật điều khiển của PLC) tín hiệu điều khiển Rơle SSR. Tín hiệu ra từ cổng DI/DO của PLC tới AC SSR để điều khiển đóng mở rơle tạo ra điện áp cấp cho lò. Điện áp cấp cho lò được điều khiển theo độ rộng xung với nguyên lý mô tả bên dưới:



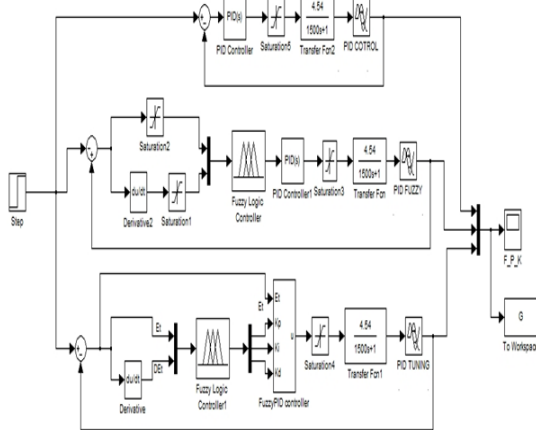
U_{lo} : Điện áp cấp cho lò điện trở.

t: Độ rộng xung.
 T: Chu kỳ của xung.
 U: Điện áp nguồn cung cấp.
 Các module của PLC-S7300:

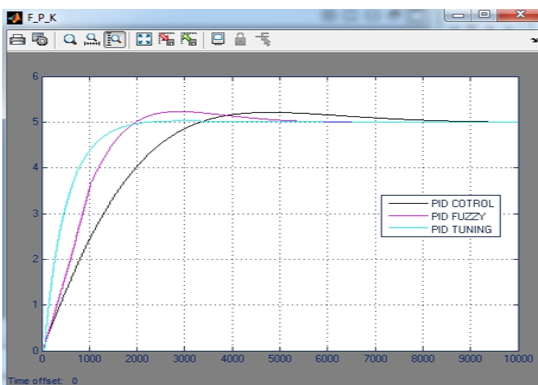


Mô hình lò điện trở với Điện áp cung cấp cực đại 220V. Công suất cực đại 2,5 KW. Nhiệt độ cực đại 1000°C. Kích cỡ buồng đốt 200x120x80mm.

So sánh các bộ điều khiển cho lò điện trở

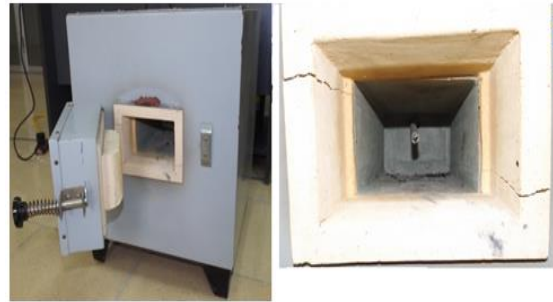


Hình 8. Sơ đồ simulink mô phỏng hệ thống khi sử dụng Bộ điều khiển PID, Bộ điều khiển mờ lai không thích nghi và Bộ điều khiển chỉnh định mờ tham số PID



Hình 9. Đáp ứng của hệ thống khi sử dụng Bộ điều khiển PID, Bộ điều khiển mờ lai không thích nghi và Bộ điều khiển chỉnh định mờ tham số PID

Nhận xét: Từ đáp ứng của hệ thống với 3 bộ điều khiển, ta thấy rằng hệ có Bộ điều khiển mờ lai không thích nghi (PID FUZZY) tốt hơn bộ điều khiển PID (PID CONTROL) và hệ được thiết kế với phương pháp chỉnh định mờ các tham số PID (PID TUNNING) cho chất lượng tối ưu.



Hình 10. Mô hình thực hành Lò điện trở 2,5KVA

Lập trình PLC thực hiện điều khiển và thu thập xử lý dữ liệu trong bài toán thiết kế hệ thống điều khiển lò điện trở 2,5KW.

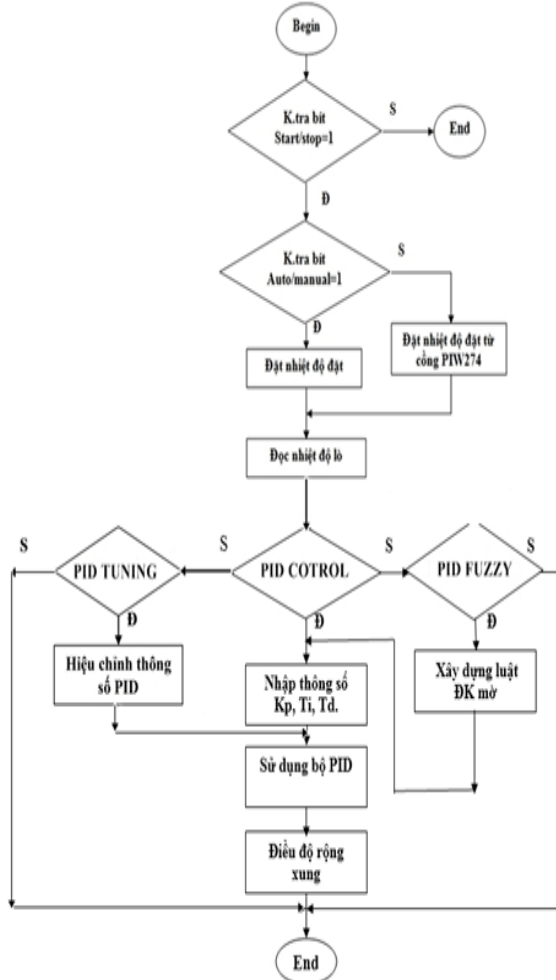
Yêu cầu cụ thể :

- Giám sát nhiệt độ của lò điện trở, đảm bảo lò điện trở hoạt động trong khoảng nhiệt cho phép 0°C ÷ 1000°C.
- Nhiệt độ lò bám theo tín hiệu đặt SP.
- Xử lý thông số từ thiết bị đo nhiệt độ trên màn hình giám sát.
- Nhận biết các chế độ hoạt động của hệ thống.
- Nhận biết người vận hành nhấn nút Start/Stop.
- Nhận biết người vận hành nhấn nút Auto/Manual.
- Nhận biết người vận hành nhấn nút Print.

Khi nạp chương trình từ PC xuống PLC, chuyển PLC sang chế độ RUN. Nếu để ở chế độ Auto, nhiệt độ đặt (SP) được đặt thông qua màn hình WinCC. Nếu ở chế độ Manual SP thiết lập bằng tay qua núm vặn, đưa tới PIW274.

Có lệnh chạy Start =1 thì chương trình điều khiển mới bắt đầu hoạt động, còn không thì nó ở trạng thái chờ.

Hệ bình thường, đọc nhiệt độ lò, giá trị này có kiểu định dạng Integer, đã được đổi thang và hiển thị giá trị thực của lò.



Hình 11. Lưu đồ giải thuật chương trình điều khiển

Bộ điều khiển PID: nhập giá trị K_p , T_i , T_d qua màn hình WinCC, sử dụng khối FB41, FB43 tạo xung điều khiển cho lò.

Bộ điều khiển thực hiện xử lý mờ tham số PID thực hiện bởi module mờ FB30 được tích hợp trong PLC, trong lần đọc đầu tiên của PLC, nó sẽ lấy tham số mặc định được người lập trình đưa vào.

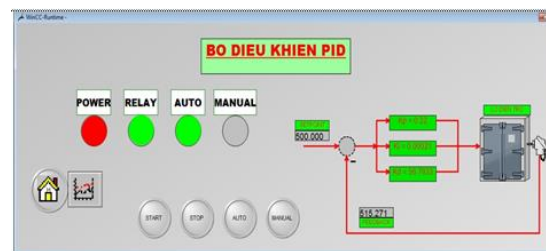
Tiến hành hiệu chỉnh tham số PID thông qua module FB41, kết quả đưa trực tiếp vào module điều rộng xung FB43.

Xuất lệnh điều khiển lò tới công ra số, tùy thuộc vào giá trị ngõ ra của bộ điều rộng xung mà trạng thái của lò được đóng hay mở.

Kết thúc một vòng điều khiển



Hình 11. Giao diện chính điều khiển và giám sát lò điện từ 2,5KVA trên PCL



Hình 12. Giao diện bộ điều khiển PID



Hình 13. Giao diện bộ điều khiển PID FUZZY

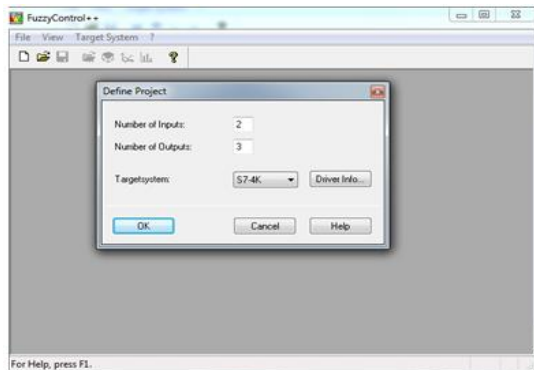
Bài báo đã đề cập cụ thể cho đối tượng lò điện trở 2,5 KVA với bộ điều khiển chỉnh định mờ tham số PID, còn bộ điều khiển PID FUZZY được thiết kế tương tự với các đầu vào, ra và các luật điều khiển.

MODULE FUZZY CONTROL++ CHO Lò ĐIỆN TRỞ

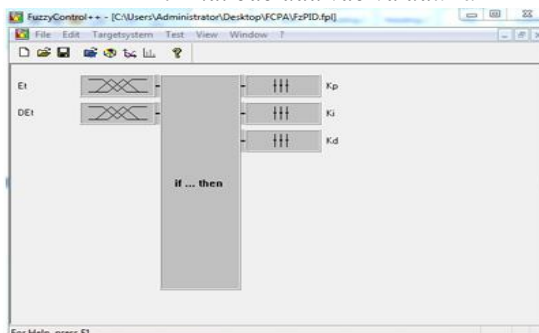
Phần mềm Fuzzy Control++ với các bước khai báo và cấu hình bộ điều khiển mờ bằng phần mềm này cho Simatic S7-300. Cho phép ta thiết lập cụ thể cho đối tượng lò điện trở 2,5 KVA với bộ điều khiển chỉnh định mờ tham số PID, còn bộ điều khiển PID FUZZY được thiết kế tương tự với các đầu vào, ra và luật điều khiển. [5]

Khởi động chương trình và tạo ra 1 Project với các thông số: đầu vào ở đây là 2 gồm có: Et và DEt, số đầu ra là 3 gồm có K_p , K_i và

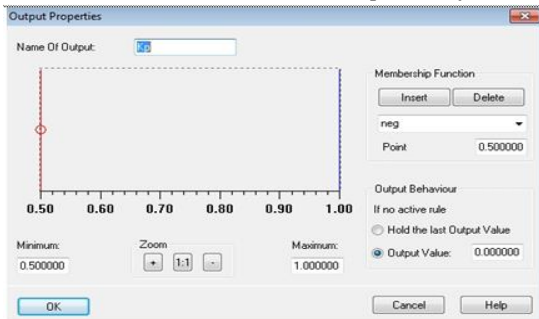
Kd. Mục Target System chọn S7-4K dùng cho hệ Simatic S7-300 và xác nhận.



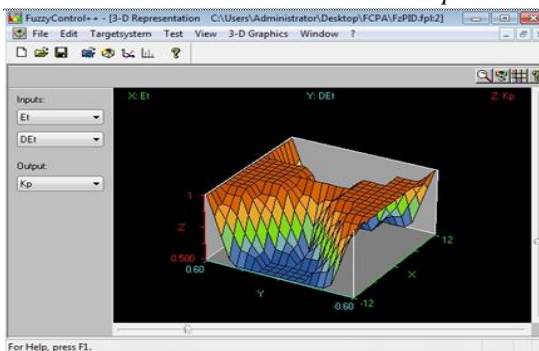
Hình 14. Khai báo đầu vào và đầu ra



Hình 15. Các đầu vào, ra và luật hợp thành If ... then



Hình 16. Khai báo cho đầu ra Kp



Hình 17. Luật điều khiển Kp trong không gian 3D

Trên đây trình bày quá trình thiết lập một dự án khi sử dụng phần mềm Step 7 V5.5 để lập trình điều khiển đối tượng, xây dựng giao

diện giám sát và thu thập dữ liệu trên phần mềm WinCC V7.0 và cách cấu hình bộ điều khiển mờ bằng phần mềm Fuzzy Control V5++ cho Simatic S7-300.

KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu thiết kế về hệ thống điều khiển và giám sát lò điện trở trên cơ sở hệ mờ và PLC S7 300, những kỹ thuật chế tạo tiên tiến đã được áp dụng giải quyết được nhiều hạn chế của các phương pháp giám sát lò điện trở hiện nay, mở ra nhiều ứng dụng mới trong các ngành công nghiệp nặng, công nghiệp nhẹ và gần nhất với chúng ta là trong đời sống sinh hoạt hàng ngày.

Hệ thống được thiết kế Độ ổn định cao, độ chính xác tin cậy so với phương pháp giám sát và điều khiển lò điện trở bằng các phương pháp truyền thống, giao diện trực quan, và có thể dễ dàng mở rộng tùy biến các ứng dụng khác dễ dàng hơn. Kết quả thực nghiệm và khảo sát trên nhiều đối tượng tương đối phù hợp với kết quả mô phỏng. Các sai số xảy ra có thể từ nhiều nguyên nhân khác nhau.

Bài báo có thể được mở rộng bởi lý thuyết điều khiển mờ còn rất mới mẻ với chúng ta, việc đi sâu nghiên cứu lý thuyết điều khiển mờ là mục tiêu của những người làm điều khiển tự động hiện đại. Nghiên cứu áp dụng vi xử lý để thiết kế bộ điều khiển, PID, mờ thích nghi cũng là một hướng mới nhằm hạ chi phí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Xuân Minh, Nguyễn Doãn Phước (2006), *Lý thuyết điều khiển mờ*, Nxb KH&KT.
2. Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh (2008), *Nhận dạng hệ thống điều khiển*, Nxb KH&KT.
3. Yu-Hao Lee, Vincent Shieh Chih-Lung Lin and Yung-Jong Shiah, (2010), "virtual control control element" *Second International Conference on Vision and Signal Processing*, National Cheng Kung University - National Kaohsiung Normal University
4. Nguyễn Doãn Phước (2004), *Lý thuyết điều khiển tuyến tính*, Nxb KH&KT.
5. Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh, Vũ Văn Hà (2007), *Tự động hóa với Simatic S7 - 300*, Nxb KH&KT.

